

Design methodology for immersive educational resources

Serhiy O. Semerikov^{1,2,3,4}[0000–0003–0789–0272],
Tetiana A. Vakaliuk^{5,3,1}[0000–0001–6825–4697],
Iryna S. Mintii^{1,3}[0000–0003–3586–4311], Vita A. Hamaniuk¹[0000–0002–3522–7673],
Vladimir N. Soloviev¹[0000–0002–4945–202X],
Olga V. Bondarenko¹[0000–0003–2356–2674],
Pavlo P. Nechypurenko¹[0000–0001–5397–6523],
Svitlana V. Shokaliuk¹[0000–0003–3774–1729],
Natalia V. Moiseienko¹[0000–0002–3559–6081], and
Dmytro S. Shepiliev¹[0000–0001–6913–8073]

¹ Kryvyi Rih State Pedagogical University,
54 Gagarin Ave., Kryvyi Rih, 50086, Ukraine
semerikov@gmail.com, irina.mintiy@kdpu.edu.ua,
{vitana65, vnsoloviev2016}@gmail.com, bondarenko.olga@kdpu.edu.ua,
acinonyxleo@gmail.com, shokalyuk@kdpu.edu.ua,
{n.v.moiseenko, sepilevdmirij}@gmail.com
<https://kdpu.edu.ua/semerikov>
<https://kdpu.edu.ua/personal/ismintii.html>
<https://kdpu.edu.ua/personal/vagamanuk.html>
<https://kdpu.edu.ua/personal/vmsoloviov.html>
<https://kdpu.edu.ua/personal/ovbondarenko.html>
<https://kdpu.edu.ua/personal/pnpavlo.html>
<https://kdpu.edu.ua/personal/svshokaliuk.html>
<https://kdpu.edu.ua/personal/nvmoiseienko.html>

² Kryvyi Rih National University,

11 Vitalii Matusevych Str., Kryvyi Rih, 50027, Ukraine

³ Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine,

9 M. Berlynskoho Str., Kyiv, 04060, Ukraine

⁴ University of Educational Management,

52A Sichovykh Striltsiv Str., Kyiv, 04053, Ukraine

⁵ Zhytomyr Polytechnic State University,

103 Chudnivsyka Str., Zhytomyr, 10005, Ukraine

tetianavakaliuk@gmail.com

<https://sites.google.com/view/neota/profile-vakaliuk-t>

Abstract. Based on the analysis of sources on the problem of research, the article defines types of electronic educational resources (EER), general requirements for them, focuses on didactic and methodological requirements and existing holistic systems of psychological and pedagogical requirements for EER, presents the main types of parameters that can be used to evaluate the quality of EER, analyzes the typical structure of EER and characterizes its components. The analysis of approaches to defining the concepts of “immersiveness”, “immersive educational envi-

ronment”, “immersive approach in education”, “immersive educational resources” (IER) was carried out, on the basis of which the relationship between the virtual environment and immersive learning environment was determined, the pedagogical aspects of learning in immersive environments were considered, the classification of IER was made. The main components of IER design and implementation are analyzed, and the essence of IER design and IER design methodology is determined. In the main part of the proposed general model of the methodology of IOR design and analyzed the goals, subjects of methods, stages, and content of training, forms of organization of the educational process, methods, teaching tools, and predicted results of the methodology. In the conclusion the elements of the methodology of IER design are presented, in particular, a complex IER in the form of a distance learning course, examples of designing prototypes of immersive teaching materials, etc. are considered.

Keywords: immersion · electronic educational resources · design methodology

1 Вступ

Правильне проектування є основою успішності будь-якої прикладної розробки незалежно від галузі та сфери застосування. Це у повній мірі відноситься як до проектування програмного забезпечення, так й для проектування освітнього процесу.

Проектування електронних освітніх ресурсів є гібридним видом діяльності, що суттєво підвищує ризики через швидкість технологічних змін – яскравим прикладом цього є робота 2017 року О. О. Рибалко [15], технологічну складову якої в 2021 році використати неможливо через завершення циклу її підтримки виробником. Ризики ще більше зростають, коли мова йде про технології підвищеної уваги – імерсивні.

У зв'язку з цим актуальним є розробка такої методики проектування імерсивних освітніх ресурсів, яка була б достатньо стійкою до зміни технологічної складової.

2 Теоретичні основи проектування імерсивних освітніх ресурсів

2.1 Електронні освітні ресурси: трактування, види, вимоги

«Положення про електронні освітні ресурси» [14] визначає електронний освітній ресурс (ЕОР) як засіб навчання на цифрових носіях будь-якого типу або розміщений в інформаційно-телекомунікаційних системах, які відтворюються за допомогою електронних технічних засобів і застосовуються в освітньому процесі.

Метою створення ЕОР є забезпечення модернізації освітнього процесу, змістового наповнення освітнього простору, надання рівного доступу учасникам освітнього процесу незалежно від місця їх проживання та форми навчання відповідно до якісних навчальних і методичних матеріалів, створених на основі інформаційно-комунікаційних технологій [14].

«Положення про електронні освітні ресурси» визначає наступні типи ЕОР:

- електронна версія друкованого видання;
- електронна хрестоматія;
- електронне видання;
- електронний довідник;
- електронний лабораторний практикум;
- електронний навчальний посібник;
- електронний освітній ігровий ресурс;
- електронний підручник;
- електронний практикум;
- електронний робочий зошит;
- електронний словник;
- електронні дидактичні демонстраційні матеріали;
- електронні методичні рекомендації.

Загальні вимоги до ЕОР, визначені у [14]:

- функціональність;
- безпечність;
- надійність функціонування;
- зручність використання для користувача;
- крос-платформність;
- відповідність засадам реалізації принципів державної політики цифрового розвитку;
- відповідність законодавству України щодо захисту авторських прав;
- відповідність міжнародним стандартам (Experience API тощо).

В неукраїномовних джерелах застосовуються синоніми Electronic Educational Resource (EER) та E-Learning Resource (ELR) – освітній ресурс, представлений у цифровій формі та включає структуру, предметний зміст та метадані про них. ЕОР може включати дані, інформацію та програмне забезпечення, необхідні для його використання в процесі навчання [11, 12].

Систематичне дослідження науково-методичних та організаційних засад оцінювання якості ЕОР для закладів загальної середньої освіти було проведено в Інституті цифровізації освіти НАПН України в 2009–2011 рр. У заключному звіті про виконання цієї науково-дослідної роботи [24] визначено основні типи параметрів, що можуть бути застосовані при оцінці якості ЕОР:

- психолого-педагогічні параметри (дидактичні та методичні; обґрунтування вибору тематики навчального курсу; перевірка на педагогічну доцільність використання та ефективність застосування);

- технічні параметри;
- ергономічні параметри (характеристики відповідності ЕОР методичному матеріалу, супутній документації; відповідність послідовності дій, необхідних для налаштування ЕОР; легкість запуску ЕОР; відповідність основних технічних характеристик ЕОР документації; стійкість роботи ЕОР) [24, с. 25-26];
- естетичні параметри;
- санітарно-гігієнічні параметри.

У процесі експертизи фахівці повинні оцінити ступінь відповідності ЕОР таким дидактичним і методичним вимогам: науковості, доступності, проблемності, наочності, свідомості навчання, самостійності та активізації діяльності, систематичності і послідовності навчання, міцності засвоєння знань, єдності освітніх, розвиваючих і виховних функцій, адаптивності, інтерактивності, реалізації можливостей комп'ютерної візуалізації навчальної інформації, розвитку інтелектуального потенціалу учня, системності та структурно-функціональної зв'язаності подання навчального матеріалу, повноти (цілісності) і безперервності дидактичного циклу навчання, врахування своєрідності та особливостей конкретної навчальної дисципліни, врахування специфіки відповідної науки, відображення системи наукових понять навчальної дисципліни, надання можливості контрольованих тренувальних дій [24, с. 28-29].

Цілісна система психолого-педагогічних вимог до ЕОР була розроблена в Інституті цифровізації освіти НАПН України у 2012–2014 рр. Зокрема, В. Ю. Биков та В. В. Лапінський у [7] надали загальну класифікацію ЕОР за напрямом використання, формою існування, середовищем фізичного існування та обмеженістю простору (рис. 1). У звіті про виконання I етапу науково-дослідної роботи «Система психолого-педагогічних вимог до засобів інформаційно-комунікаційних технологій навчального призначення» підкреслено, що ЕОР відображують змістовно-технологічні компоненти освітніх методичних систем, формують предметно-інформаційні складові освітнього середовища (закритого і відкритого), утворюють наповнення освітніх електронних інформаційних систем, призначені для різнобічного цілеспрямованого використання учасниками освітнього процесу з метою інформаційно-процесуальної підтримки навчальної, наукової та управлінської діяльності, інформаційного забезпечення функціонування та розвитку освітніх систем [25, с. 16-17].

У [25, с. 32-37] пропонується наступна система вимог до ЕОР:

- 1) загально-дидактичні вимоги:
 - *науковість навчання з використанням ЕОР* означає достатню глибину, коректність і наукову достовірність подання змісту навчального матеріалу відповідно до сучасних методів наукового пізнання;
 - *доступність навчання з використанням ЕОР* означає необхідність визначення ступеня теоретичної складності та глибини вивчення навчального матеріалу згідно вікових та індивідуальних особливостей учнів;

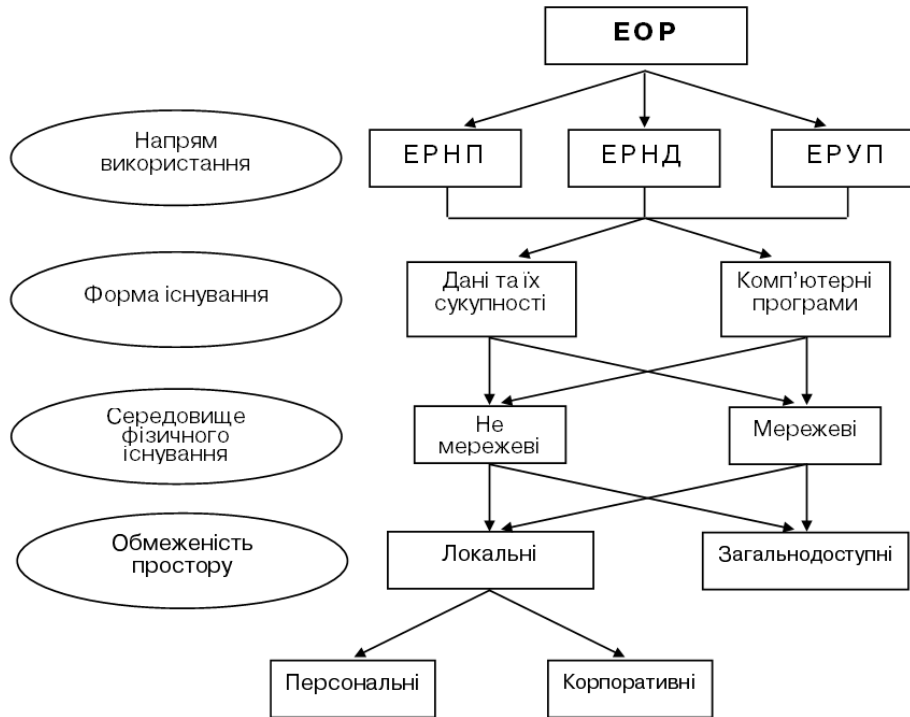


Рис. 1. Класифікація ЕОР (за [7]).

- *проблемність навчання з використанням ЕОР* означає необхідність стимулювання навчально-пізнавальної діяльності за допомогою спеціально створених навчальних проблемних ситуацій;
 - *наочність навчання з використанням ЕОР* означає необхідність урахування чуттєвого сприйняття досліджуваних об'єктів, їхніх моделей та їхнє особисте спостереження учнем;
 - *свідомість навчання з використанням ЕОР, самостійність й активізація діяльності того, кого навчають*, означає необхідність забезпечення навчальним матеріалом самостійної діяльності учнів з використання навчальної інформації при чіткому розумінні кінцевих цілей і завдань навчальної діяльності на основі моделювання їх діяльності;
 - *систематичність і послідовність навчання з використанням ЕОР* означає необхідність забезпечення послідовного засвоєння учнями визначеної системи знань у досліджуваній предметній області;
 - *єдність освітніх, розвивальних і виховних функцій навчання при використанні ЕОР*;
- 2) специфічні дидактичні вимоги:
- *адаптивність при використанні ЕОР* означає необхідність забезпечення пристосованості ЕОР до індивідуальних можливостей (рівня

- знань і умінь, психологічних та інших особливостей) того, кого навчають;
- *інтерактивність навчання при використанні ЕОР* означає, що у процесі навчання повинна мати місце «взаємодія» учня з ЕОР: компоненти і підсистеми ЕОР мають забезпечувати діалог і зворотний зв'язок;
 - *розвиток інтелектуального потенціалу того, кого навчають, при використанні ЕОР* полягає у тому, що відбувається формування стилів мислення (алгоритмічного, наочно-образного, теоретичного), уміння приймати оптимальне рішення в складній ситуації, уміння опрацьовувати дані;
 - *системність та структурно-функціональне поєднання подання навчального матеріалу в компонентах ЕОР*;
 - *повнота (цілісність) та неперервність дидактичного циклу навчання при використанні ЕОР* означає, що ЕОР має надавати можливість виконання всіх ланок дидактичного циклу в межах одного сеансу роботи із засобами ІКТ;
- 3) психологічні вимоги:
- відповідність вербально-логічному та сенсорно-перцептивним рівням когнітивного процесу;
 - орієнтація на особливості сприйняття (переважно зорового, а також слухового, дотикового);
 - урахування особливостей уваги (стійкість, концентрація, здатність переключатися, розподіл і обсяг);
 - розвиток мислення (наочно-дійове, образне, словесно-логічне, конкретно-понятійне, абстрактно-понятійне);
 - розвиток уяви (мимовільна, довільна, репродуктивна, творча);
 - розвиток пам'яті (миттєва, довгострокова, короткострокова, оперативна);
 - орієнтація на словниковий запас та вербально-лінгвістичні можливості певного рівня знань та підготовки дітей, доступність викладення відповідно до віку;
 - врахування «зони найближчого розвитку»;
- 4) ергономічні вимоги:
- вимоги до організації діалогу;
 - придатність для цілей комунікації;
 - придатність для сприйняття і розуміння;
 - придатність для вивчення;
 - привабливість.

За результатами II етапу науково-дослідної роботи «Система психолого-педагогічних вимог до засобів інформаційно-комунікаційних технологій навчального призначення» було виконано декомпозицію системи «електронні освітні ресурси» (рис. 2) та визначено типову структуру ЕОР, що забезпечує можливість ефективного досягнення навчально-виховної мети, і,

залежно від функціонального призначення, містить: змістову частину, програмну частину, методичні рекомендації для вчителя, методичні рекомендації для учня, настанову користувача для адміністратора локальної мережі комп'ютерного класу або системного адміністратора закладу освіти.

Змістовна частина ЕОР містить: зміст, теоретичну і практичну частини, діяльнісне середовище, в тому числі інтерактивні моделі, малюнки (схеми, графіки, карти, таблиці), інтерактивні схеми, фотографії, відеофрагменти, аудіофрагменти, 2D та 3D анімації, словники термінів та понять (гlossарії, тезаурус), історичні довідки, перелік джерел інформації, контрольні запитання і завдання, тести [26, с. 37].

Програмна частина ЕОР є відображенням змістової частини засобами ІКТ, що містить тексти, медіаоб'єкти, завдання в текстовій формі, здійснення навігації ЕОР, пошук навчального матеріалу, програмно-методичне забезпечення для підготовки, опрацювання, передавання і відображення статистичних відомостей про рівень навчальних досягнень та результати тестування учнів [26, с. 38].

Методичні рекомендації для вчителя повинні містити опис типових сценаріїв проведення різних типів уроків, та приклади їх створення в конструкторі уроків, приклади використання всіх модулів та об'єктів [26, с. 39].

Методичні рекомендації для учня повинні містити опис основних прийомів роботи при самостійній (індивідуальній) роботі [26, с. 39].

Настанова користувача для адміністратора локальної мережі комп'ютерного класу або системного адміністратора закладу освіти повинна містити опис дій при інсталяції, деінсталяції, експлуатації у різноманітних режимах, налаштування ЕОР для роботи у локальній мережі, можливих проблем та шляхів їх усунення, опис способів збору (збереження) і статистичної обробки інформації про результати діяльності учнів [26, с. 40].

Заключний звіт про науково-дослідну роботу «Система психолого-педагогічних вимог до засобів інформаційно-комунікаційних технологій навчального призначення» містить таблицю оцінювання різних типів ЕОР [23, с. 26-27] – якщо її впорядкувати за ваговими коефіцієнтами (параметрами, за яким визначають значущість, відносну важливість, переваги даного типу ЕОР порівняно з іншими типами), отримаємо, що серед усіх ЕОР найвищу вагу має *дистанційний курс з навчальної дисципліни* (електронний навчальний курс).

2.2 Поняття про імерсивні освітні ресурси

Імерсивність – «занурення», глибока залученість у певну діяльність. Це поняття застосовується у різних контекстах. Так, О. М. Соколюк пропонує наступні:

- комплекс відчуттів людини, що знаходиться в штучно створеному тривимірному світі, в якому вона може міняти точку огляду, наближати і віддаляти об'єкти та інше [27, с. 143];

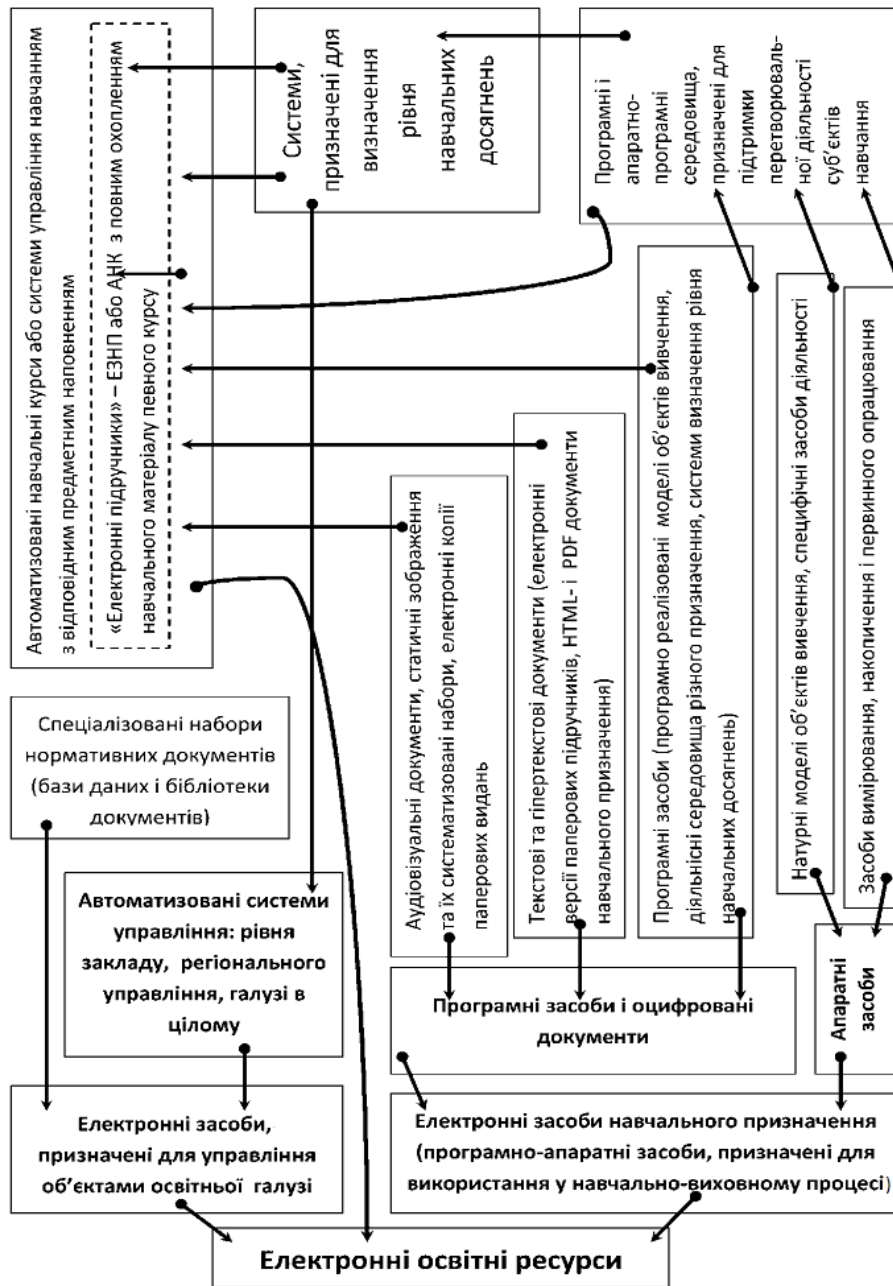


Рис. 2. Результат декомпозиції системи «електронні освітні ресурси» (за [26, с. 29]).

- створення ефекту «присутності» за рахунок комплексу відчуттів людини, яка перебуває в штучно створеному середовищі [27, с. 143];
- занурення – група методів навчання, заснованих на єдності свідомого і підсвідомого, двосторонньому зв'язку в процесі навчання, релаксації [27, с. 144].

Під імерсивністю освітнього середовища О. М. Соколюк розуміє таку властивість середовища, що відображає його можливості по залученню суб'єкта в систему відносин, яка визначається його змістом: «імерсивність можна визначити як властивість технологічної частини середовища, що забезпечує психологічний стан людини, в якому його власне «Я» сприймає себе включеним в процес і взаємодіє із середовищем, що забезпечує йому безперервний потік стимулів і досвіду».

За С. Ф. Сергєєвим [21], занурення суб'єкта у середовище навчання (імерсивне середовище) та навігація у ньому дозволяють розглядати процеси включення суб'єкта у «світи» навчання, які можуть жити за своїми законами та не відповідати світам фізичної реальності. Дослідник виокремлює три типи занурення: занурення у суб'єктивний світ, занурення у фізичне середовище та занурення у віртуальне середовище [20, с. 96-98].

«Суб'єкт занурюється у середовища навчання, що забезпечують вільні форми самореалізації під впливом середовищного контенту, об'єднані дидактичним задумом та навчальною комунікацією. Посткласичні та постнекласичні уявлення навчальних середовищ дозволяють забезпечити більш тонкі та ефективні інтерпретації процесів навчання та освіти, що включають синергетичні та посткласичні моделі самоорганізації та еволюції штучних та природних систем організованої складності. З'являється можливість включити у сферу педагогічного знання технологічні досягнення інтернет-комунікації, мультимедіа, віртуальної реальності як основу створення інтегрованих середовищ навчання та освіти» [21, с. 38].

У монографії [19] С. Ф. Сергєєв імерсивне освітнє середовище визначає як динамічний системний психологічний конструкт, що самоорганізується та володіє властивостями глибокого занурення, присутності в ньому суб'єкта, інтерактивності, позасуб'єктної просторової локалізації, надмірності, спостережуваності, доступності когнітивному досвіду, насиченості, пластичності, цілісності, мотивованості. Основні види імерсивних середовищ, що виникають у професійній та навчальній діяльності, поділяються відповідно до типів занурення на психологічні середовища (повне занурення у суб'єктивний світ); фізичні середовища (повне занурення у реальний світ); середовища із змінною реалістичністю.

В. О. Чупіна виокремлює наступні педагогічні аспекти навчання у імерсивних середовищах:

- *мета навчання* в імерсивному середовищі полягає у створенні умов отримання практичного досвіду та його перенесення у професійну діяльність, оскільки «середовище навчання моделює спеціалізовані професійні ніші для організації навчання із практикою» [8, с. 492];

- *цїлі діяльності* в імерсивному середовищі строго не визначені, а відображені у формі загальної стратегії, місії, що визначає напрямок діяльності учня в середовищі навчання: «мотивація породжується не зобов'язанням, а розумінням та поділом місії» [8, с. 492];
- *педагогічна комунікація* носить суб'єкт-суб'єктний характер і полягає в координації сенсів учасників спілкування в освітньому середовищі: «той, хто навчається, є чинним суб'єктом, а викладач – спостерігачем, організатором та активним учасником комунікації, що змінює умови та параметри навчання та використовує свій досвід та авторитет для смислової орієнтації того, хто навчається» [8, с. 492];
- *організація системи навчання* не детермінована жорсткими правилами, має гнучку структуру, що враховує індивідуальність та мінливість суб'єкта, способи прийняття рішення не визначені заздалегідь, а залежать від конкретної навчальної ситуації та досвіду того, хто навчається [8, с. 492];
- *оцінка навчання багатовимірна*, носить якісний та інтегральний характер та відображає фіксацію траєкторії отримання практичного досвіду для можливості проведення повноцінної рефлексії та вдосконалення діяльності [8, с. 492].

О. І. Азевич визначає імерсивний підхід в освіті як «стратегію пізнання, комплекс прийомів та способів інтерактивної взаємодії суб'єктів освітнього процесу з метою розвитку та саморозвитку особистості того, хто навчається, у штучно створеному віртуальному оточенні, здатному ефективно впливати на його розум та почуття» [5, с. 358]. На його думку, головними перевагами імерсивних освітніх середовищ є їх наочність, динамічність та інтерактивність [5, с. 360], а також можливість застосування у дистанційному навчанні.

Останнє встановлює цікавий зв'язок між такими поняттями, як «віртуальне освітнє середовище» (Virtual Learning Environment – VLE), типовим представником якого є система дистанційного навчання Moodle, та «імерсивне середовище» (immersive environment), також відоме як середовище віртуальної / доповненої (комбінованої) реальності (virtual reality – VR, augmented reality – AR, mixed reality – MR) – відповідні технології та засоби будемо називати *імерсивними*.

Це надає можливість визначити *імерсивні освітні ресурси* (IOP) як навчальні, наукові, інформаційні, довідкові матеріали та засоби, які розроблені в електронній формі, використовуються у імерсивному середовищі, відтворюються за допомогою імерсивних технічних засобів і необхідні для ефективної організації навчально-виховного процесу, у частині, що стосується його наповнення якісними навчально-методичними матеріалами. Тоді до складу IOP входять як відповідні засоби ІКТ (програмна складова), так і дані навчального призначення (інформаційна складова).

IOP поділяються на:

- *імерсивні навчальні посібники* – навчальні електронні видання, що доповнюють підручник і призначені для поширення в імерсивних середовищах;

- *імерсивні засоби оцінювання навчальних досягнень* – засоби імерсивного середовища, що надають можливість автоматизації процесів визначення рівня навчальних досягнень студентів, призначені для підтримки процесів оцінювання та самооцінювання у навчанні;
- *імерсивні навчальні лабораторії* – програмні ІОР, що можуть застосовуватись при проведенні лабораторних і практичних занять для здійснення експериментальних досліджень з комп'ютерними моделями в імерсивному середовищі;
- *імерсивні електронні довідники* – електронні навчальні видання за імерсивними моделями доступу до коротких наукових і прикладних відомостей довідкового змісту;
- *імерсивні дидактичні демонстраційні матеріали* – ІОР, призначені для наочного подання об'єктів та процесів, що вивчаються;
- *імерсивні середовища моделювання* – імерсивні навчальні лабораторії, призначені для моделювання об'єктів, явищ і процесів, що є предметом вивчення, або надання засобів для побудови і дослідження моделей;
- *імерсивні тренажери* – програмно-апаратні ІОР, призначені для формування і закріплення умінь та практичних навичок, опанування методів, процедур виконання певних видів навчальної або професійної діяльності, а також для здійснення самопідготовки;
- *імерсивні практикуми* – ІОР, призначені для формування і закріплення умінь та практичних навичок, використання теоретичних знань для розв'язання практичних завдань і вправ;
- *імерсивні предметні середовища* – комплекс взаємопов'язаних ІОР для розв'язання задач певного класу із предметної галузі, що вивчається, призначений для автоматизації дій, що виникають у цій галузі;
- *імерсивні навчально-методичні комплекси* – структурована сукупність ІОР, що містять навчальні матеріали, призначені для спільного використання у процесі навчання;
- *імерсивні програмно-методичні матеріали* – електронні навчальні видання у імерсивному середовищі, що визначають зміст, обсяг, порядок навчання певної дисципліни, її розділу, тем (навчальні програми, плани; плани занять);
- *імерсивні навчально-методичні матеріали* – імерсивні електронні навчальні видання, що містять матеріали з методики навчання певної дисципліни (її розділу, частини);
- *імерсивні додаткові науково-навчальні матеріали* – інформаційні ресурси імерсивного середовища, які сприяють доповненню і розширенню уявлень про об'єкти і процеси, що є предметом вивчення;
- *імерсивні тестові системи* – засоби імерсивного середовища, що містять стандартизовані тестові завдання та призначені для оцінювання рівня навчальних досягнень тих, хто навчається;
- *імерсивні системи підтримки навчання* – система ІОР для підтримки всіх етапів і компонентів процесу навчання, що надають можливість автоматизації організації навчального процесу через збереження і доставляння навчальних ресурсів та організацію навчальної діяльності,

- управління навчальним процесом, облік та контроль виконання різних видів навчальних робіт, контроль за використанням навчальних ресурсів, адміністрування окремих студентів та груп, організацію взаємодії з викладачем, звітність тощо;
- *імерсивні комунікаційні засоби* – програмні засоби для обміну даними у імерсивному середовищі.

Для підвищення дидактичної ефективності застосовані засоби імерсивних технологій навчання використовуються в навчально-виховному процесі спільно з іншими навчально-методичними матеріалами (наприклад, із традиційними підручниками та навчальними посібниками, методичними рекомендаціями для викладачів та студентів тощо), формуючи *імерсивні програмно-методичні комплекси*.

На рис. 3 подано класифікацію імерсивних освітніх ресурсів.

3 Методичні основи проєктування імерсивних освітніх ресурсів

3.1 Модель методики проєктування імерсивних освітніх ресурсів

За М. А. Бойко, процес розробки та впровадження ЕОР містить шість взаємопов'язаних компонентів [6, с. 13]:

- 1) аналіз (здійснюється аналіз трьох аспектів навчання з використанням ЕОР: дидактичного, що надає дані про зміст навчального матеріалу, дидактичні цілі; психолого-педагогічного, що надає дані про індивідуальні характеристики учнів; технічного, що полягає в аналізі інформаційно-навчального середовища);
- 2) визначення вимог (уточнюються отримані дані);
- 3) добір програмного забезпечення (аналіз ринку та відповідність вимогам);
- 4) планування та розробка (визначається структура ресурсу, стильове оформлення, способи функціонування, здійснюється підготовка вихідних мультимедійних компонентів та їх компонування);
- 5) упровадження (практичне використання розробленого продукту в освітньому процесі);
- 6) оцінювання (оцінка функціонування ЕОР, навчальної діяльності учнів та інтерфейсу користувача ЕОР).

Дослідником показана необхідність оновлення підходів (методів та форм) при підготовці вчителя до проєктування ЕОР, зокрема, застосування проблемного, проєктного та дослідницького навчання, гейміфікації, використання електронних навчальних середовищ, засобів віртуальної та доповненої реальності [6, с. 14].

Автори [17] вказують, що сутнісною характеристикою методики є взаємозв'язки засобів та методів, які повинні бути визначені у певному порядку

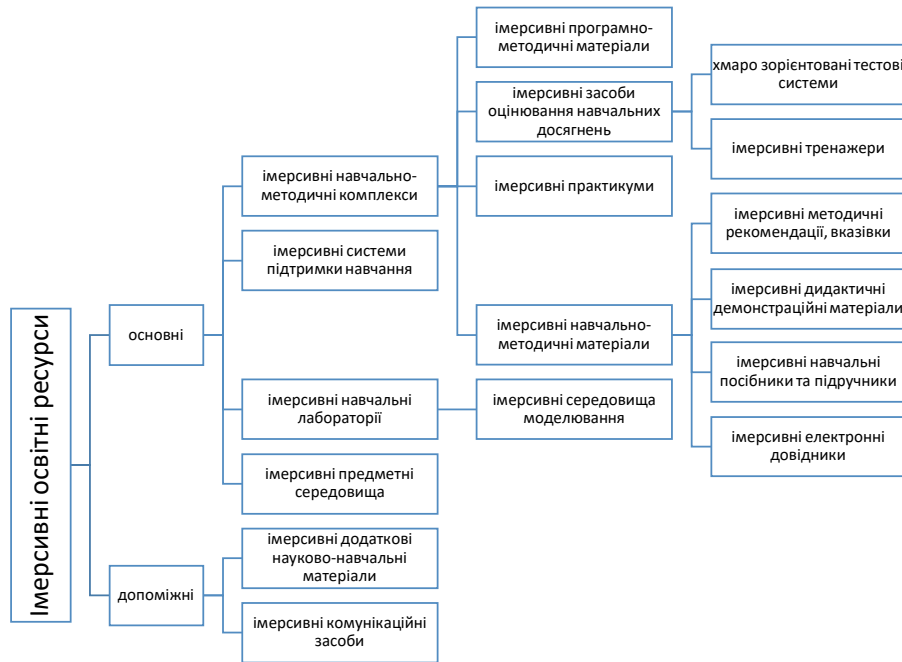


Рис. 3. Класифікація імерсивних освітніх ресурсів.

їх застосування для виконання роботи – алгоритмі досягнення мети. Для методики навчання зміст діяльності є змістом, що відображає основну діяльність – змістом навчання. Результати навчання можуть бути формалізовані у термінах компетентностей. «Методика за означенням є системою, тому можна говорити про методичні системи в цілому та методичні системи навчання, зокрема – методичні системи навчання певної навчальної дисципліни» [17, с. 2].

Сутність проектування ЕОР услід за О. О. Рибалко визначимо як цілеспрямовану діяльність щодо створення електронних засобів навчання та їх упровадження в навчальний процес [15, с. 6]: «створення ЕОР, з одного боку, творчий процес, який вимагає логічного і алгоритмічного мислення, з іншого боку – педагогічний процес, оскільки вони призначені для підвищення продуктивності навчального процесу» [16, с. 26].

За такого підходу *методику проектування імерсивних освітніх ресурсів* можна визначити як систему навчання, спрямовану на набуття компетенцій із формування та розвитку імерсивного освітнього середовища (у його засобовій частині).

Основними *принципами методики проектування імерсивних освітніх ресурсів* услід за В. Г. Гриценком [9, с. 253-254] визначимо:

- *обґрунтованість* – вибір способів, прийомів, форм, методів і засобів, передбачених методикою проектування, повинен бути науково і педагогічно виважений та обґрунтований;
- *зрозумілість* – розуміння й однозначне усвідомлення розробленої методики проектування суб'єктами методики: викладачами (вчителями) та студентами (учнями), які повинні проектувати, впроваджувати й застосовувати ІОР;
- *доступність* – засоби, застосування яких передбачено методикою проектування, повинні бути доступні, а способи, прийоми, форми й методи можуть бути реалізовані за допомогою запропонованих або альтернативних технологій;
- *відтворюваність* – можливість реалізації в освітньому процесі запропонованої методики проектування відповідними фахівцями, які не є розробниками цієї методики;
- *результативність* – передбачає досягнення заздалегідь визначеного результату проектування шляхом застосування запропонованої методики.

Загальну модель методики проектування ІОР подано на рис. 4.

Метою методики проектування ІОР є формування фахівця, здатного до проектування та використання ІОР у своїй професійній діяльності. Відповідно, основною *метою навчання* є формування компетентності у проектуванні ІОР.

Визначення мети у цільовому блоці моделі вимагає визначення того, на кого вона спрямована – *суб'єктів методики*: майбутніх учителів.

Навчання доцільно реалізувати у три етапи: теоретичний етап повинен бути пов'язаний із засвоєнням питань теорії проектування і методики застосування ІОР, практичний – із формуванням компетентності в проектуванні ІОР, апробаційний – із набуттям досвіду діяльності з підготовки та проведення навчальних занять із застосуванням розроблених ІОР, самооцінкою і експертною оцінкою досвіду впровадження результатів проектування в освітній процес.

Важливе значення у методиці має добір *змісту навчання*. Для цього може бути використаний (безпосередньо або після адаптації) раніше розроблений авторський навчальний матеріал із проектування автономних [28] або веб-орієнтованих [18, 22] ІОР. Зміст навчання відображений у змістовому блоці моделі, проте одним лише ним він не вичерпується – необхідним є також визначення змісту компетентності в проектуванні ІОР.

Навчання проектування ІОР здійснюється за таких основних *форм організації освітнього процесу*: навчальні заняття (лекції, лабораторні заняття), самостійна робота, контроль результатів навчання. Основними *методами навчання* проектування ІОР є: пояснювально-ілюстративний, репродуктивний та метод дослідницького навчання. Провідні *засоби навчання*: традиційні та імерсивні електронні освітні ресурси. Разом форми організації, методи та засоби навчання утворюють основу технологічного блоку моделі.

Прогнозованим *результатом* застосування методики є майбутній учитель, зданий до успішного проектування імерсивних освітніх ресурсів. Діа-

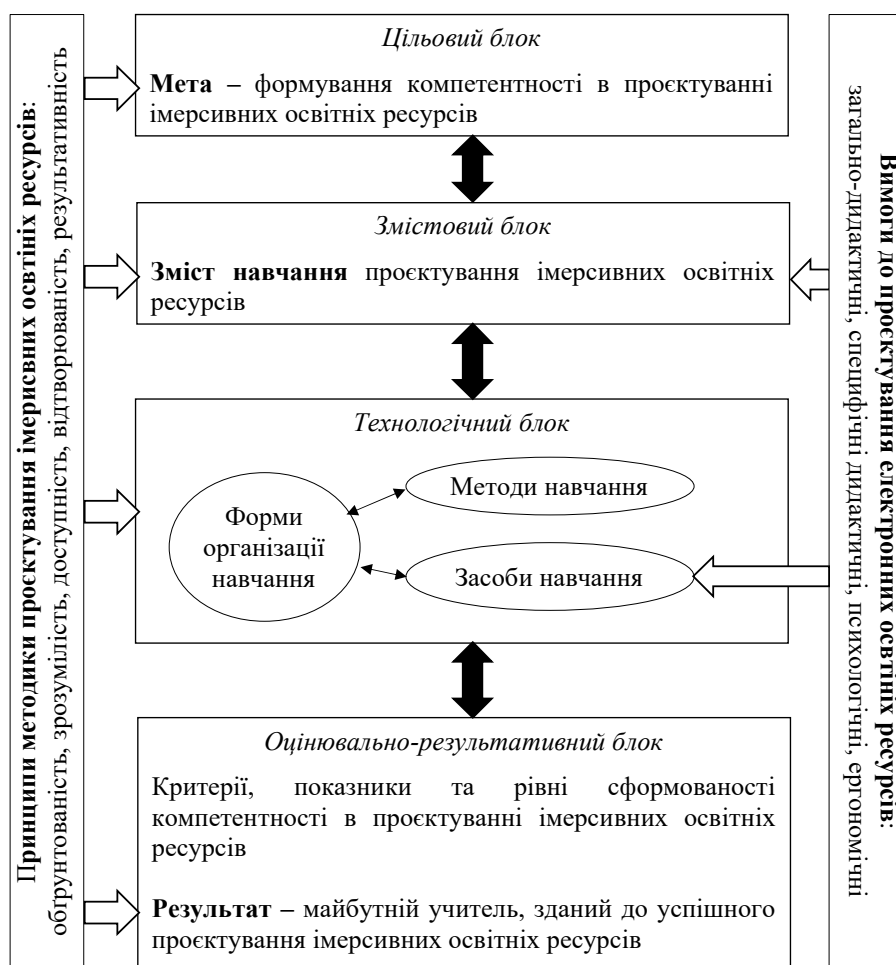


Рис. 4. Загальна модель методики проектування імерсивних освітніх ресурсів.

гностика його досягнення виконується у оцінювально-результативному блоці моделі, що вимагає визначення критеріїв, показників та рівнів сформованості компетентності в проектуванні імерсивних освітніх ресурсів.

На всі блоки моделі впливають визначені принципи проектування ІОР, у той час як вимоги – на змістовий та технологічний блок.

Кожен із блоків моделі взаємопов'язаний з усіма попередніми: це відображає циклічний характер процесу проектування та можливість повернення до будь-якого із його попередніх етапів. Проектування та перепроєктування методики продовжується до досягнення бажаного результату.

У даній моделі не відображено ряд важливих зовнішніх факторів, що можуть ініціювати перепроєктування методики – нормативні зміни, зумовлені

ні зміною суспільного замовлення, та технологічні зміни, зумовлені зміною імерсивних технологій.

3.2 Елементи методики проєктування імерсивних освітніх ресурсів

Комплексний ІОР у вигляді дистанційного курсу, зміст якого присвячений проєктуванню ІОР, розглянуто у [18]. Дослідники наголошують, що даний курс призначений для майбутніх STEM-учителів, що надає високого рівня варіативності у визначенні суб'єктів методики – майбутніх учителів початкової школи, гімназій та ліцеїв. Курс зорієнтований на тих, хто має певний досвід веб-програмування (рис. 5).

Для проєктування *імерсивних навчальних посібників* (рис. 6) можуть бути застосовані різні засоби, що надають можливість конструювання без та з програмуванням. Конкретні особливості проєктування суттєво залежать від застосованих апаратних засобів. Один із прикладів створення прототипу такого посібника поданий у [1].

Імерсивні засоби оцінювання навчальних досягнень є відносно новим класом ІОР. У 2021 році ЄС започатковано проєкт «Augmented Assessment» [3], що має на меті усунути прогалини, які існують в оцінці попередніх знань учнів-мігрантів з природничих та математичних наук (вікова група – 8–15 років), використовуючи для оцінювання засоби доповненої реальності. Досягнення мети планується шляхом розробки та пілотного впровадження інноваційного розширеного інструментарію у вигляді онлайн-бібліотеки та навчального курсу для вчителів. Автори проєкту поєднують імерсію у мовне та віртуальне середовище та вказують на позитивний зв'язок між доповненою реальністю та освітньою інклюзією спеціальних груп учнів.

Імерсивні навчальні лабораторії (рис. 7) – класичний тип ІОР, проєктування яких широко представлено у різноманітних джерелах (зокрема, [10]).

Імерсивні електронні довідники можуть бути спроєктовані з використанням систем машинного зору та класичних довідників (рис. 8).

Проєктування *імерсивних дидактичних демонстраційних матеріалів* є найбільш поширеним видом діяльності через те, що вони є наочностями, що можуть бути скомбіновані для створення фрагменту уроку.

Застосування *імерсивних середовищ моделювання та імерсивних тренажерів* вимагає наявності спеціалізованого апаратного забезпечення для створення імерсивного середовища із частковим та повним зануренням, в якому людина рухається із необхідним ступенем свободи [29].


Імерсивний практикум може бути розроблений, зокрема, у формі гри. У [4] наведено приклад Qubit Arcade, що надає студентам практичний сенсорний досвід маніпулювання кубітами в тривимірному просторі, а також можливість «бачити» кубіт зсередини (рис. 9). Такий практикум є різновидом *імерсивного предметного середовища*.

У рамках проєкту ARETE розробляється модуль та блок для системи підтримки навчання Moodle, спрямований на надання їй більшого рівня імерсивності [2] за стандартом IEEE 1589-2020. Модуль ARETE ARLEM

Тиждень 01

 Лекція 1. Як технології, що виникають, формують майбутнє освіти (презентація)

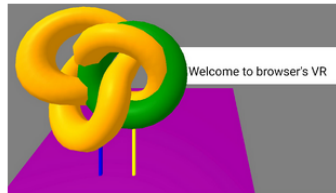
Mark as done

 Лекція 1. Як технології, що виникають, формують майбутнє освіти (відео)

Mark as done


 Як створити просту сцену у A-Frame?

Mark as done




 Як створити просту сцену у A-Frame? (відео)

Mark as done

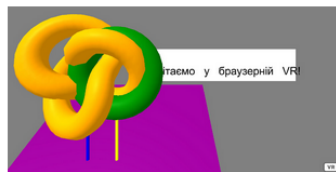
 Домашнє завдання на тиждень 01


Done: View To do: Make a submission To do: Receive a grade

Тиждень 02


 Локалізація сцени та додавання текстур

Mark as done



 Локалізація сцени та додавання текстур (відео)

Mark as done

 Домашнє завдання на тиждень 02

Done: View To do: Make a submission To do: Receive a grade

Рис. 5. Комплексний ІОР у вигляді дистанційного курсу (фрагмент).



Рис. 6. Імерсивний навчальний посібник.

(Augmented Reality Learning Experience Models) поєднує Moodle з веб-сервісами та користувацьким інтерфейсом для створення, зберігання, отримання, перегляду та використання ІОР.

Імерсивні комунікаційні засоби є окремими ІОР або надбудовою існуючих, таких як Skype. Перспективним напрямом розвитку цього класу ІОР є метавсесвіти (omniverse, Meta) – гіпотетично наступний крок розвитку Інтернет, що надає можливість подання комунікантів у вигляді аватарів, які взаємодіють онлайн у 3D середовищі. Станом на 2021 рік найбільш відомим проєктом метавсесвіту є Meta [13].

4 Висновки

У процесі розв’язання наукової проблеми підготовки майбутніх учителів до проектування імерсивних освітніх ресурсів були отримані наступні результати:

1. Проведений аналіз джерел з проблеми дослідження надав можливість узагальнити визначення електронного освітнього ресурсу як структурованого освітнього ресурсу, поданого у цифровій формі, що включає предметний зміст та метадані про структуру та зміст ресурсу. Вимоги до проектування електронних освітніх ресурсів узагальнено за 4 категоріями: 1) загально-дидактичні вимоги, що відповідають реалізації принципів навчання в електронних освітніх ресурсах; 2) специфічні дидактичні вимоги, що відображають специфіку реалізації процесу навчання із використанням електронних освітніх ресурсів; 3) психологічні вимоги, що

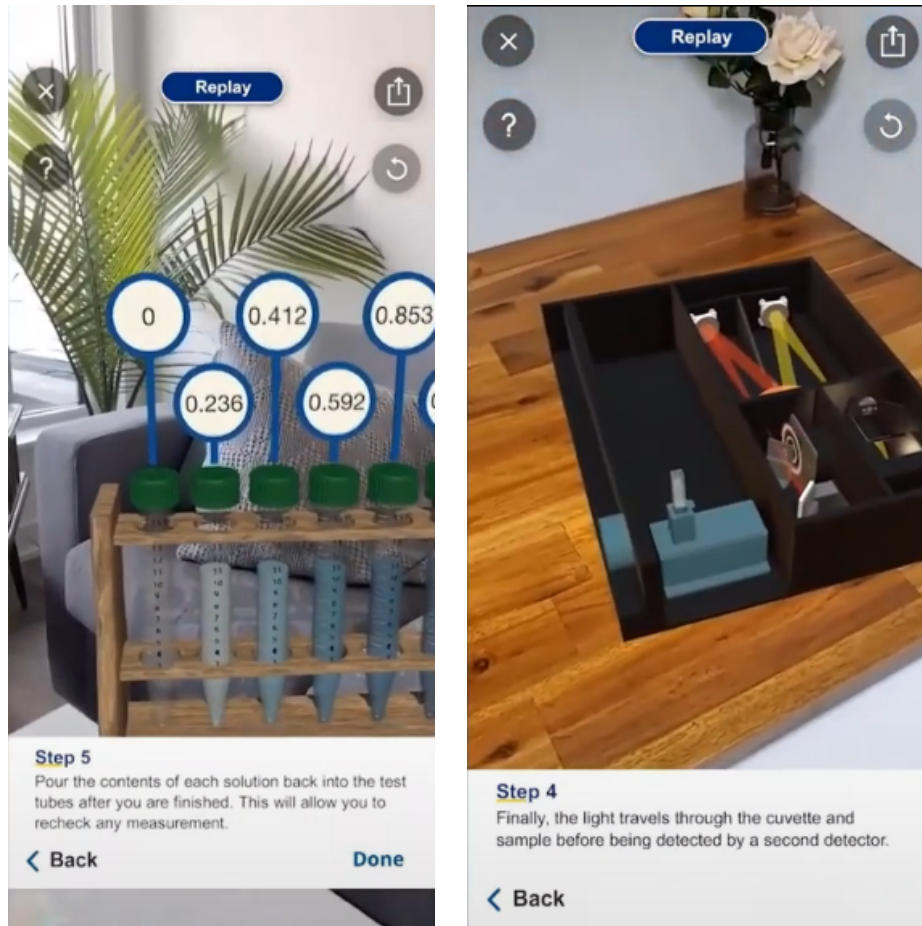


Рис. 7. Імерсивні навчальні лабораторії.

- мають бути враховані при проектуванні електронних освітніх ресурсів;
- 4) ергономічні вимоги, дотримання яких сприяє повному розкриттю потенціалу проектованого електронного освітнього ресурсу.
2. Імерсивність – «занурення» (глибоке залучення) суб'єкта в систему відносин, яка визначається його змістом. Імерсивне освітнє середовище розглядається як динамічний системний психологічний конструкт, що самоорганізується та володіє властивостями глибокого занурення, присутності в ньому суб'єкта, інтерактивності, позасуб'єктної просторової локалізації, надмірності, спостережуваності, доступності когнітивному досвіду, насиченості, пластичності, цілісності, мотивованості. Імерсивні освітні середовища поділяються відповідно до типів занурення на психологічні (повне занурення у суб'єктивний світ), фізичні (повне занурення у реальний світ) та середовища зі змінною реалістичністю (часткове та

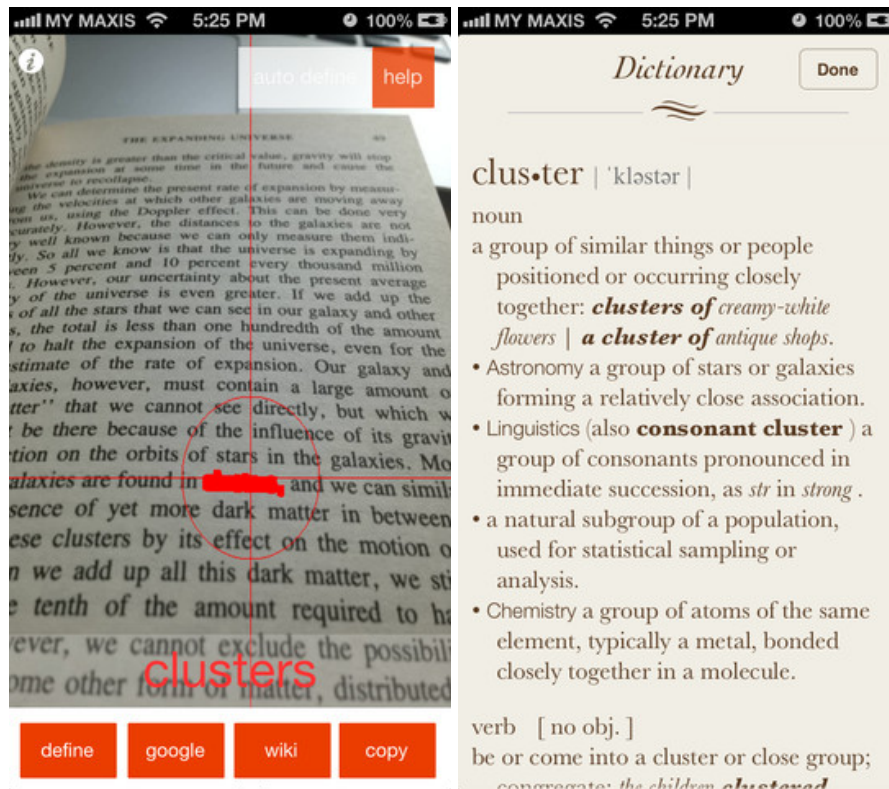


Рис. 8. Meanings – імерсивний словник.

повне занурення у віртуальний світ). Проведене дослідження надало можливість визначити імерсивні освітні ресурси як навчальні, наукові, інформаційні, довідкові матеріали та засоби, які розроблені в електронній формі, використовуються у імерсивному середовищі, відтворюються за допомогою імерсивних технічних засобів і необхідні для ефективно організації навчально-виховного процесу, у частині, що стосується його наповнення якісними навчально-методичними матеріалами. Визначено та класифіковано такі види імерсивних освітніх ресурсів, як імерсивні навчальні посібники, імерсивні засоби оцінювання навчальних досягнень, імерсивні навчальні лабораторії, імерсивні електронні довідники, імерсивні дидактичні демонстраційні матеріали, імерсивні середовища моделювання, імерсивні тренажери, імерсивні практикуми, імерсивні предметні середовища, імерсивні навчально-методичні комплекси, імерсивні програмно-методичні матеріали, імерсивні навчально-методичні матеріали, імерсивні додаткові науково-навчальні матеріали, імерсивні тестові системи, імерсивні системи підтримки навчання, імерсивні комунікаційні засоби та імерсивні програмно-методичні комплекси.



Рис. 9. Імерсивний практикум Qubit Arcade.

3. Методика проектування імерсивних освітніх ресурсів – система навчання, спрямована на набуття компетенцій із формування та розвитку імерсивного освітнього середовища (у його засобовій частині). Основними принципами методики проектування імерсивних освітніх ресурсів є обґрунтованість, зрозумілість, доступність, відтворюваність та результативність. Розроблена модель методики проектування імерсивних освітніх ресурсів складається із чотирьох взаємопов'язаних блоків – цільового (мета навчання – формування компетентності у проектуванні імерсивних освітніх ресурсів), змістового (зміст навчання), технологічного (форми організації, методи та засоби навчання) та оцінювально-результативного (засоби діагностики та прогнозований результат).
4. Розроблені елементи методики включають зміст навчання та приклади проектування різних класів ІОР: комплексного ІОР у вигляді дистанційного курсу, імерсивних навчальних посібників, імерсивних електронних довідників та ін. Серед нерозроблених елементів найголовнішими є критерії, показники та рівні сформованості компетентності майбутнього вчителя у проектуванні імерсивних освітніх ресурсів – її теоретичне обґрунтування є напрямом подальшого дослідження.

References

1. Augmented Book Prototype (2016), <https://www.instructables.com/Augmented-Book-Prototype/>
2. ARETE (2021), <https://github.com/ARETEedu>
3. Augmented Assessment (2021), <https://augmented-assessment.eu/the-project/>

4. Virtual workshop explores cutting-edge immersive experiences (2021), <https://mitnano.mit.edu/news/virtual-workshop-explores-cutting-edge-immersive-experiences>
5. Azevich, A.I.: Immersive educational environments: design, construction, use. In: Noskov, M.V. (ed.) *Informatizatsiia obrazovaniia i metodika elektronnoho obuchenii: tsifrovye tekhnologii v obrazovanii* : materialy IV Mezhdunar. nauch. konf. Krasnoiarsk, 6–9 oktiabria 2020 g. vol. 2, pp. 357–361. Sibirskii federalnyi universitet, Krasnoiarsk (2020), <https://dokumen.pub/qdownload/iv-2-2.html>
6. Boiko, M.A.: Development and implementation of electronic learning resources in the process of teaching computer science to elementary school students. The thesis for the degree of Candidate of Pedagogical Science, in specialty 13.00.10 – Information and Communication Technologies in Education, State Institution „Taras Shevchenko National University of Luhansk”, Starobilsk (2019), <http://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/handle/123456789/4054>
7. Bykov, V.Y., Lapinskyi, V.V.: Metodolohichni ta metodychni osnovy stvorennia i vykorystovuvannia elektronnykh zasobiv navchalnoho pryznachennia. *Kompiuter u shkoli ta simi* (3), 3–6 (2012), http://nbuv.gov.ua/UJRN/komp_2012_2_2
8. Chupina, V.A.: Immersion: interpretation and development of the concept in pedagogy. In: *Innovatsii v professionalnom i professionalno-pedagogicheskom obrazovanii* : materialy 23-i Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, 24–25 aprelia 2018 g., g. Ekaterinburg. pp. 488–493. Izdatelstvo RGPPU, Ekaterinburg (2018), <https://elar.rsvpu.ru/handle/123456789/25838>
9. Hrytsenko, V.G.: Theoretical and methodical bases of designing and implementation of information-analytical system of university management. Dissertation for the degree of a Doctor of Pedagogical Sciences in specialty 13.00.10 – Information and Communication Technologies in Education» (01 «Education / Pedagogics»), Institute of Information Technologies and Learning Tools of NAES of Ukraine, Kyiv (2019), https://lib.iitta.gov.ua/716524/2/dyser_Hrytsenko.pdf
10. Kiv, A.E., Merzlykin, O.V., Modlo, Y.O., Nechypurenko, P.P., Topolova, I.Y.: The overview of software for computer simulations in profile physics learning. *CEUR Workshop Proceedings* **2433**, 352–362 (2019), <http://ceur-ws.org/Vol-2433/paper23.pdf>
11. Krevskiy, I., Glotova, T., Deev, M., Matyukin, S., Sheremeteva, E.: Models for Cooperation Continuing Educations of Specialist with Life Cycle of E-Learning Resources and Educational Programs. In: Mkrttchian, V., Bershadsky, A., Bozhday, A., Kataev, M., Kataev, S. (eds.) *Handbook of Research on Estimation and Control Techniques in E-Learning Systems*, pp. 258–285. IGI Global, Hershey, PA (2016). <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-9489-7.ch018>
12. Krevskiy, I.G., Bershadsky, A., Glotova, T.: Research Competence for Development of Distance Education in Russian Universities. In: Mkrttchian, V., Belyanina, L. (eds.) *Handbook of Research on Students’ Research Competence in Modern Educational Contexts*, pp. 385–408. IGI Global, Hershey, PA (2018). <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3485-3.ch020>
13. Meta: Welcome to Meta (2021), <https://about.facebook.com/meta/>
14. Ministerstvo osvity i nauky, molodi ta sportu Ukrainy: Pro zatverdzhennia Polozhennia pro elektronni osvitni resursy (10 2012), <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1695-12#Text>, nakaz No 1060
15. Rybalko, O.O.: Electronic educational resources of teaching mathematics in elementary school with the use of Adobe Flash system. Autoreferat of the thesis for the degree of candidate of pedagogical sciences, specialty 13.00.10

- information and communication technologies in education, Institute of Information Technologies and Learning Tools of NAPS of Ukraine, Kyiv (2017), <https://lib.iitta.gov.ua/706406/1/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B5%D1%84%20%D0%A0%D0%B8%D0%B1%D0%B0%D0%BB%D0%BA%D0%BE%20%D0%9E.%D0%9E.pdf>
16. Rybalko, O.O.: Electronic educational resources of teaching mathematics in elementary school with the use of Adobe Flash system. The thesis for the degree of candidate of pedagogical sciences, specialty 13.00.10 – information and communication technologies in education, Institute of Information Technologies and Learning Tools of NAPS of Ukraine, Kyiv (2017), <https://lib.iitta.gov.ua/706596/1/%D0%A0%D0%B8%D0%B1%D0%B0%D0%BB%D0%BA%D0%BE%20%D0%9E.%D0%9E.%20%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F.pdf>
 17. Semerikov, S.O., Teplytskyi, I.O., Soloviev, V.N., Hamaniuk, V.A., Ponomareva, N.S., Kolgatin, O.H., Kolgatina, L.S., Byelyavtseva, T.V., Amelina, S.M., Tarasenko, R.O.: Methodic quest: Reinventing the system. *Journal of Physics: Conference Series* **1840**(1), 012036 (mar 2021). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012036>
 18. Semerikov, S.O., Mintii, M.M., Mintii, I.S.: Review of the course “Development of Virtual and Augmented Reality Software” for STEM teachers: implementation results and improvement potentials. *CEUR Workshop Proceedings* **2898**, 159–177 (2021), <http://ceur-ws.org/Vol-2898/paper09.pdf>
 19. Sergeev, S.F.: *Obuchaiushchie i professionalnye immersivnye sredy*. Narodnoe obrazovanie, Moscow (2009)
 20. Sergeev, S.F.: *Obrazovatelnye sredy v postneklassicheskikh predstavleniyakh kognitivnoi pedagogiki*. *Open Education* (1), 90–99 (2012), <https://cyberleninka.ru/article/n/obrazovatelnye-sredy-v-postneklassicheskikh-predstavleniyah-kognitivnoy-pedagogiki>
 21. Sergeev, S.F.: Education in global information-communication and anthropogenic environment: new opportunities and limits. *Open Education* (1(96)), 32–39 (2013). [https://doi.org/10.21686/1818-4243-2013-1\(96\)-32-39](https://doi.org/10.21686/1818-4243-2013-1(96)-32-39)
 22. Shepiliev, D.S., Semerikov, S.O., Yechkalo, Y.V., Tkachuk, V.V., Markova, O.M., Modlo, Y.O., Mintii, I.S., Mintii, M.M., Selivanova, T.V., Maksyshko, N.K., Vakaliuk, T.A., Osadchyi, V.V., Tarasenko, R.O., Amelina, S.M., Kiv, A.E.: Development of career guidance quests using WebAR. *Journal of Physics: Conference Series* **1840**(1), 012028 (mar 2021). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012028>
 23. Shyshkina, M.P., Zhaldak, M.I., Koval, T.I., Spivakovskiy, O.V., Nosenko, Y.H., Hrybiuk, O.O., Demianenko, V.M., Lytvynova, S.H., Lavrentieva, H.P., Lapinskyi, V.V., Skrypka, K.I., Kovalenko, V.V., Pirko, M.V.: Report on research work ‘System of psychological and pedagogical requirements to ICT learning tools’ (conclusive) (12 2014), <http://lib.iitta.gov.ua/9020/>
 24. Shyshkina, M.P., Zhaldak, M.I., Koval, T.I., Spivakovskiy, O.V., Skrypka, K.I., Demianenko, V.M., Lavrentieva, H.P., Lapinskyi, V.V., Zaporozhchenko, Y.H., Pirko, M.V.: Scientific methods and organizational framework for evaluating the quality of educational software for the purpose of education. *Research Report*. DR 0109U000301 (12 2011), <http://lib.iitta.gov.ua/9022/>
 25. Shyshkina, M.P., Zhaldak, M.I., Koval, T.I., Spivakovskiy, O.V., Zaporozhchenko, Y.H., Demianenko, V.M., Lavrentieva, H.P., Lapinskyi, V.V., Skrypka, K.I., Pirko, M.V.: Report on research work ‘System of psychological and pedagogical requi-

- rements for information-communication technologies based learning tools' (I stage) (12 2012), <http://lib.iitta.gov.ua/9018/>
26. Shyshkina, M.P., Zhaldak, M.I., Koval, T.I., Spivakovskiy, O.V., Zaporozhchenko, Y.H., Hrybiuk, O.O., Demianenko, V.M., Lavrentieva, H.P., Kovalenko, V.V., Lapinskiy, V.V., Lytvynova, S.H., Pirko, M.V.: Report on research work 'System of psychological-pedagogical requirements for information-communication technologies based learning tools' (II stage) (12 2013), <http://lib.iitta.gov.ua/9019/>
 27. Sokolyuk, O.M.: Immersion in modern educational environments. In: Bykov, V.Y., Vakaliuk, T.A. (eds.) «Immersive technologies in education»: the collection of materials of the I Scientific and Practical Conference with International Participation. pp. 143–148. Institute of Information Technologies and Learning Tools of NAES of Ukraine, Kyiv (2021), <https://lib.iitta.gov.ua/727353/>
 28. Syrovatskyi, O.V., Semerikov, S.O., Modlo, Y.O., Yechkalo, Y.V., Zelinska, S.O.: Augmented reality software design for educational purposes. CEUR Workshop Proceedings **2292**, 193–225 (2018), <http://ceur-ws.org/Vol-2292/paper20.pdf>
 29. Voloshynov, S.A., Zhuravlev, F.M., Riabukha, I.M., Smolets, V.V., Popova, H.V.: Application of VR technologies in building future maritime specialists' professional competences. CEUR Workshop Proceedings **2898**, 68–81 (2021), <http://ceur-ws.org/Vol-2898/paper03.pdf>